



# Stanovení a vyhodnocení biochemického profilu krve ryb

*J. Kolářová, J. Velíšek*







# **Stanovení a vyhodnocení biochemického profilu krve ryb**

---

*J. Kolářová, J. Velíšek*

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO  
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:

*Inovace prezenčního studia bakalářského studijního oboru Rybářství*

(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAHOVÁ ČÁST METODIKY JE VÝSLEDKEM ŘEŠENÍ PROJEKTŮ:**

**33 % – Šetrné a efektivní hospodaření na rybnících s maximálním využitím stávajícího trofického potenciálu a udržení dobré kvality rybí produkce**

(NAZV QH82117)

**33 % – Vliv environmentálních koncentrací vybraných farmak na pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a rybí buněčné kultury**

(GA ČR P503/11/1130)

**33 % – CENAKVA – Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz**

(OP VaVpl CZ.1.05/2.1.00/01.0024)



ISBN 978-80-87437-58-2

## **OBSAH**

<b>1. CÍL METODIKY</b>	<b>6</b>
<b>2. VLASTNÍ POPIS METODIKY</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Úvod</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Odběr krve ryb</b>	<b>7</b>
2.2.1. Příprava materiálu pro odběr	8
2.2.2. Odběr krve u plůdku	8
2.2.3. Odběr krve u ryb s vyšší hmotností	9
2.2.4. Zpracování vzorků odebrané krve	14
2.2.5. Měření na biochemickém analyzátoru	15
<b>3. INTERPRETACE VÝSLEDKŮ ANALÝZY BIOCHEMICKÝCH PARAMETRŮ</b>	
<b>KRVE RYB</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Glukóza (GLU)</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Proteiny krevní plazmy</b>	<b>19</b>
3.2.1. Celkové bílkoviny (TP – Total Protein)	19
3.2.2. Albuminy (ALB)	21
3.2.3. Globuliny (GLOB)	23
<b>3.3. Amoniak (NH<sub>3</sub>)</b>	<b>25</b>
<b>3.4. Triglyceridy (TAG)</b>	<b>28</b>
<b>3.5. Cytoplazmatické a mitochondriální enzymy</b>	<b>30</b>
3.5.1. Asparát aminotransferáza (AST)	30
3.5.2. Alanin aminotransferáza (ALT)	32
3.5.3. Amyláza (AMYL)	34
3.5.4. Kreatinkináza (CK)	34
3.5.5. Lipáza (LIPA)	36
3.5.6. Laktát dehydrogenáza (LDH)	36
<b>3.6. Enzymy vázané na buněčnou membránu</b>	<b>38</b>
3.6.1. Alkalická fosfatáza (ALP)	38
3.6.2. Gamma glutamyltransferáza (GGT)	40
<b>3.7. Minerály</b>	<b>40</b>
3.7.1. Ca <sup>2+</sup> = kalcium (vápník)	40
3.7.2. Mg <sup>2+</sup> = magnézium (hořčík)	42
3.7.3. PHOS = anorganický fosfát	42
<b>3.8. Laktát (LACT)</b>	<b>44</b>
<b>4. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“</b>	<b>46</b>
<b>5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY</b>	<b>46</b>
<b>6. EKONOMICKÉ ASPEKTY</b>	<b>46</b>
<b>7. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY</b>	<b>47</b>
<b>8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE</b>	<b>52</b>

## 1. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je předložit postup pro stanovení a vyhodnocení biochemického profilu periferní krve ryb s využitím současných poznatků a zkušeností.

## 2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Metodika popisuje stanovení hodnot biochemického profilu krve ryb a předkládá uživateli soubor dat získaný v rámci testování účinků vybraných látek na ryby. Metodika poskytuje základní informace, které jsou zapotřebí pro správnou interpretaci výsledků získaných při hodnocení zdravotního stavu ryb v terénních případech.

### 2.1. ÚVOD

Má-li veterinární lékař správně posoudit stav vyšetřovaných ryb, potřebuje k tomu co nejvíce informací. Tyto získává z různých zdrojů: (a) z anamnézy, (b) z vyšetření aktuálního zdravotního stavu, (c) z laboratorního vyšetření (biochemického, hematologického, mikrobiologického, imunologického, cytologického, histologického apod.) (Masopust, 2000). V dnešní době je biochemické vyšetření krve neodmyslitelnou součástí komplexního vyšetření zdravotního stavu ryb. Bez tohoto vyšetření se v současnosti neobejde žádný ichtyopatolog (McDonald a Milligan, 1992; Stoskopf, 1993; Siwicki a kol., 1993; Bahmani a kol., 2001; Doubek a kol., 2003; Wagner a Congleton, 2004; Hawkins a Mawdesley, 2006). Biochemický profil krve podává základní informace o vnitřním stavu organismu ryb (Masopust, 2000; Anver Celik, 2004; Wagner a Congleton, 2004; Thrall, 2004; Pimpao a kol., 2007).

Biochemické a hematologické vyšetření poskytuje v rámci všech laboratorních vyšetření 60–70% informací o vyšetřovaných rybách (Svobodová a kol., 1991; Masopust, 2000). Tento význam biochemického vyšetření je dán tím, že:

- informuje o metabolických funkcích, jejichž postižení je podkladem většiny chorob,
- má široký rozsah (velké spektrum různých testů) a dostatečnou specifitu a citlivost,
- je kvantifikovatelné (vyjádřitelné číslicemi),
- je relativně snadno dostupné (stačí odebrat vzorek krve),
- příliš nezatěžuje vyšetřované ryby.

Aktuální vnitřní stav organismu ryby je na rozdíl od savců ovlivněn poikilotermií. Na aktuální vnitřní stav organismu ryby působí exogenní faktory (teplota vody, koncentrace  $O_2$ , sezónní cykly v přírodě, diurnální rytmus, nutriční podmínky atd.) a také

faktory endogenní (druh ryby, chovná linie, věk, pohlaví, reprodukční cyklus, kondice, zdravotní stav) (Burtis a Ashwood, 1996; Topic Popovic a kol., 2001; Al-Salahy, 2002; Sala-Rabanal a kol., 2003; Řehulka a kol., 2004). Tyto faktory vyvolávají ve srovnání s homoiotermními živočichy mnohem vyšší variabilitu jednotlivých biochemických parametrů (Sandstrom, 1989; Hille, 1982; Cambell a Murra, 1990; Kirková, 1990; Audet a Claireaux, 1992; Allen, 1993; Folmar, 1993; Martinez, 1994; Lusková, 1996; Svobodová a kol., 2005). Tato specifika ryb mají své teoretické dopady, například při studiu a vymezení referenčních intervalů biochemických ukazatelů. Proto studium vlivu látek vyskytujících se ve vodním prostředí na biochemické parametry ryb je nutno provádět v experimentálních podmínkách (LeBreton a kol., 2004). Změny parametrů jsou získávány porovnáváním hodnot kontrolních a pokusných ryb držených za identických podmínek. Protože variabilita hodnot biochemických a hematologických ukazatelů u ryb je velmi vysoká, nelze všechny změny v terénních podmínkách přesně definovat (McDonald a Milligan, 1992; Folmar, 1993; Soimasuo a kol., 1995; Kang a kol., 1999, 2003; Harikrishnan a kol., 2003).

Biochemické vyšetření plazmy je významným pomocníkem při hodnocení výsledků akutních a chronických testů toxicity, ale i zdravotního stavu ryb (Gallardo a kol., 2003; Ballarin a kol., 2004).

---

## **2.2. ODBĚR KRVE RYB**

---

Odběr krve pro biochemická i hematologická sledování se provádí nejlépe ihned po vylovení ryb z prostředí, ve kterém jsou chovány, nebo z nádrže, ve které byly přepraveny k vyšetření. Pro zdárný průběh stanovení biochemických parametrů je nutné minimalizovat stres ryb a zabránit hemolýze krve. Základním kritériem pro volbu odběrové metody jsou velikostní poměry ryb, nároky na množství odebírané krve a zejména další osud vyšetřovaných ryb. Pro ryby je charakteristickým znakem relativně malé celkové množství krve, jež se u ryb různých druhů pohybuje mezi 1–2 % celkové hmotnosti těla. Také tato skutečnost má své dopady v postupech biochemického i hematologického vyšetření krve ryb, preferující šetrné a úsporné mikrometody (Doubek a kol., 2003). Požadavkem Zákona na ochranu zvířat proti týrání (č. 246/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů) je také zabránění nešetrné manipulaci a následnému mechanickému poškození ryb, které je nutné dodržovat při odběru krve.

Celková biochemická analýza na autory používaném biochemickém analyzátoru (VETTEST 8008) vyžaduje pouze malý objem krve. 1 ml krve je množství vzorku dostačujícího k provedení 20 biochemických testů. Z 500  $\mu$ l celé krve lze získat cca 225  $\mu$ l krevní plazmy nebo krevního séra.

### 2.2.1. Příprava materiálu pro odběr

---

Pro přípravu materiálu pro odběr krve ryb je zcela zásadní, zda je cílem odběru získat krevní plazmu, nebo krevní sérum.

V případě, že cílem je získat **krevní sérum**, se pro přípravu odběrového materiálu zásadně nepoužívají žádné protisrážecí prostředky, ani pro odběrovou zkumavku, jehlu či stříkačku. Sražení krve je principem získání krevního séra.

Ve většině případů se pro stanovení biochemického profilu krve ryb upřednostňuje **krevní plazma**. Pro získání krevní plazmy je nutné ošetřit odběrový materiál protisrážecím přípravkem. Ke stabilizaci krve se nejčastěji používá vodný roztok sodné soli heparinu v koncentraci 5 000 m.j. na 1 ml (např. specialita Heparin Léčiva inj. 1 x 10ml/50KU). Pro stabilizaci 1 ml krve ryb stačí 0,01 ml (tj. cca 1 kapka) tohoto roztoku heparinu, který se ve zkumavce nechá před odběrem zaschnout. Propláchnutí odběrové jednorázové injekční jehly i jednorázové injekční stříkačky heparinem je možné provést těsně před odběrem. Nutno ovšem po heparinovém výplachu provést několikanásobné opětovné vystříknutí zbytků heparinu.

Zkumavky s odebranou krví je nutné před dalším zpracováním uchovávat v chladu (při 4 °C). Pokud není k dispozici lednice, je nutné umístit odebrané vzorky do chladicího boxu nebo na led. Zároveň je třeba mít připravené nádoby a náležitě léčebné přípravy pro následnou dezinfekční koupel. Dále pak nádoby s čistou vodou určené pro rekonvalescenci ryb, které mají odběr přežít.

### 2.2.2. Odběr krve u plůdku

---

U plůdku většiny druhů ryb je v důsledku velikostních poměrů a jemného uspořádání vyvíjejícího se cévního řečiště krve tak málo, že krev lze odebrat jen ze srdce – tzv. kardiopunkcí (obr. 1). Takový krevní odběr lze provést pomocí velmi tenké injekční jehly. Rybu je nutné ihned po odběru krve šetrným způsobem usmrtit. Při tomto odběru je nutno počítat se skutečností, že pro následnou diagnostiku bude k dispozici velmi malé množství krve.





**Obr. 1.** Odběr krve kardiopunkcí (Foto J. Velíšek).

### 2.2.3. Odběr krve u ryb s vyšší hmotností

U ryb s vyšší hmotností se dříve užívala také technika kardiopunkce. V současné době se v naprosté většině případů využívá technika odběru krve z ocasních cév (obr. 2–9), která se jeví jako podstatně humánnější. Injekční jehla se zavádí z ventrální strany těla ryby šikmo dorzálně (pod úhlem cca 45°). Při šetrném postupu zkušeného odběratele dojde k přímému nabodnutí ocasní žíly. Často se však stane, že hrot jehly projede ocasní žílou i tepnou a narazí na tvrdý odpor páteře (přesněji těla obratle). Pak je nutné jehlu mírně povytáhnout a hrot umístit do některé z ocasních cév (není možné rozlišit, zda odběr krve probíhá z *vena caudalis* nebo z *arteria caudalis*, tedy zda je odebírána krev z tepny nebo žíly). Následná dezinfekce vpichu se provádí celkovou dezinfekční ponořovací koupelí ryby, nejčastěji v manganistanu draselném (Kolářová, 2009; Svobodová a kol., 2007). Při odběru z ocasních cév je možné využít určitých modifikací, kdy se jehla zavádí z ventrální strany mezi řitní a ocasní ploutví nebo z boku kolmo na páteř pod postranní čarou, tedy v místech, kde v hemálních obloucích probíhají ocasní cévy.



**Obr. 2.** Odběr krve z ocasních cév kapra obecného (*Cyprinus carpio*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 3.** Odběr krve z ocasních cév jesetera sibiřského (*Acipenser baerii*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 4.** Odběr krve z očních cév cejna velkého (*Abramis bramis*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 5.** Odběr krve z očních cév okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 6.** Odběr krve z ocasních cév amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 7.** Odběr krve z ocasních cév štiky obecné (*Esox lucius*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 8.** Odběr krve z ocasních cév sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) (Foto J. Velíšek).



**Obr. 9.** Odběr krve z ocasních cév lína obecného (*Tinca tinca*) (Foto J. Velíšek).

### 2.2.4. Zpracování vzorků odebrané krve

Pro získání **krevního séra** je krev nabrána bez použití protisrážecích přípravků (viz kap. 2.2.1.). Takto získaná krev je ponechána v odběrových zkumavkách 1 h při pokojové teplotě a dále inkubována přes noc v lednici při 4 °C. Po inkubaci je provedeno odstředění (1 000 x g; 15 min, 4 °C) a krevní sérum je odsáto mikropipetou. Takovýto vzorek séra je možné použít ihned k analýzám nebo jej lze zamrazit a uskladnit (min. -20 °C).

Pro získání **krevní plazmy** je nutné odebrat krev do odběrového materiálu ošetřeného protisrážlivými prostředky (viz kap. 2.2.1.). Odebranou krev je nutné jemně protřepávat (převracet) v uzavřené heparinizované zkumavce po dobu cca 15 s, za účelem promíchání krve s protisrážecím přípravkem. Pro získání krevní plazmy jsou odebrané vzorky po promíchání krve neprodleně odstředěny na odstředivce (1–2 minuty při 12 000–16 000 otáčkách za minutu). Není-li možné okamžité odstředění, lze skladovat vzorek krve při teplotě 6–8 °C v temnu nejdéle 1 hodinu. Okamžité odstředění krve po odběru je nutné pro stanovení AST, CK, GLU, LDH, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>3</sub> a PHOS. Krevní plazma je stažena ihned po odstředění mikropipetou za jednorázového použití špičky. Důležitá je minimální prodleva mezi odstředěním a analýzou z důvodu precipitace fibrinu (při prodlevě 5–10 min je nutné vzorek odstředit znovu). Pokud nelze splnit podmínku minimální prodlevy mezi odstředěním a analýzou, je možné plazmu skladovat při teplotě 4–8 °C po dobu 6 hodin, pro delší skladovací dobu musí být vzorek plazmy zamražen na teplotu min. -18 °C. Analýza skladovaného vzorku (při obou variantách) je prováděna až po následném znovuodstředění (během skladování mohou ve vzorku opět vzniknout fibrinové částice).

#### **Makroskopická prohlídka odstředěného vzorku krevní plazmy a její odchylky od normálu:**

- **hemolyzovaný vzorek:** plazma má transparentní načervenalý odstín (od bledě růžové po tmavočervenou); indikuje poškození červených krvinek během přípravy vzorku nebo intra-vaskulární hemolýzu;
- **ikterický vzorek:** plazma má transparentní žlutou až neprůhlednou barvu; indikuje obstrukční nebo toxické poškození jater;
- **lipemický vzorek:** plazma má bledý, mléčný vzhled, někdy plovoucí tukové kapky; indikuje nedávnou tučnou dietu nebo dysfunkci metabolismu lipidů;
- **tmavožlutá vrstva na rozhraní:** povrchu plazmy a sloupce červených krvinek; indikuje velké množství bílých krvinek ve vzorku.

### 2.2.5. Měření na biochemickém analyzátoru

Měření biochemických parametrů krve ryb probíhá v rámci výzkumných prací ve VÚRH JU Vodňany a je prováděno na přístroji VETTEST 8008 (obr. 10). Na tomto přístroji lze měřit následující parametry: albumin (ALB), alkalickou fosfatázu (ALKP), alanin aminotransferázu (ALT), amylázu (AMYL), asparát aminotransferázu (AST), kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), cholesterol (CHOL), kreatin kinázu (CK), kreatinin (CREA), gama-glutamyltransferázu (GGT), glukózu (GLU), laktát dehydrogenázu (LDH), lipázu (LIPA), magnezium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), čpavek ( $\text{NH}_3$ ), anorganický fosfát (PHOS), celkový bilirubin (TBIL), triglyceridy (TAG) a močovinu (UREA). Pro jednotlivá stanovení biochemických parametrů na přístroji VETTEST 8008 je potřeba na jeden reagenční disk (slide) vzorkový objem plazmy odpovídající 10  $\mu\text{l}$ . Stanovení dvanácti biochemických ukazatelů tedy vyžaduje minimální pipetový aspirační objem odpovídající 150–160  $\mu\text{l}$ . V případě malého množství vzorku nebo v případě očekávání vysokých hodnot sledovaného parametru se provádí ředění vzorku fyziologickým roztokem (převážně však až jako druhý krok po analýze neředěného vzorku). Pro analýzu biochemických parametrů lze použít jak krevní plazmu (která se upřednostňuje), tak krevní sérum (větší pravděpodobnost výskytu hemolýzy, některé analyty mohou přejít během relativně dlouhé srážecí fáze z erytrocytů do séra, může se vyskytnout nepříjemný stupeň glykolýzy).

Biochemický analyzátor musí být umístěn na dobře ventilovaném místě (nechat prostor kolem přístroje - větrací otvory jsou zespodu přístroje), bez zřejmého zdroje tepla, zimy, vlhkosti či vibrace. Instalace přístroje je podrobně popsána v návodu použití přístroje. Vlastní měření se provádí po cca 25 minutách po zapnutí přístroje (proběhne samokontrolní test a zahřátí na provozní teplotu). Přístroj podává pro každý krok instrukce, které je nutné dodržovat. Analýza vzorků rybí plazmy je prováděna pod heslem „ostatní (other)“ bez možnosti nabídky referenčního rozmezí a využití interpretačního průvodce. Dle požadavků na analýzu jsou do přístroje vloženy příslušné testovací disky (analýza by měla začít do 15 min od vyjmutí testovacího disku z obalu). Úchop disků musí být proveden za okraje disku, nelze se dotknout centrální části. Je-li vloženo všech 12 možných disků k analýze, přístroj sám automaticky začne proces analýzy. Při nižším počtu analyzovaných parametrů (tím i adekvátně menším množstvím vložených disků) je nutno dát pokyn k měření. Vzorek je napipetován za použití jednorázové špičky a pipety/sondy analyzátoru. Pipeta automaticky rozdělí 10  $\mu\text{l}$  vzorku na každý disk a začne čtení. Samotná analýza trvá cca 5–6 minut. Podrobný popis postupu je popsán v návodu použití přístroje.



**Obr. 10.** Biochemický analyzátor VETTEST 8008 (Foto J. Velíšek).

### 3. INTERPRETACE VÝSLEDKŮ ANALÝZY BIOCHEMICKÝCH PARAMETRŮ KRVE RYB

Interpretace výsledků biochemické analýzy krevní plazmy ryb je složitá. Úroveň metabolismu je u ryb velmi závislá na sezónnosti, zejména na teplotě vodního prostředí, ve kterém ryby žijí. S tím velmi úzce souvisí kolísání enzymové aktivity organismu ryb v závislosti nejen na změnách vnitřního prostředí organismu, ale hlavně na vnějších faktorech. Tyto dva aspekty lze oddělit pouze přesným definováním vnějších podmínek. Z těchto důvodů není jednoduché stanovit referenční hodnoty. Pro seriózní interpretaci jednotlivých výsledků biochemických analýz v rámci výzkumných testů je vždy nutné porovnávat sledovanou (pokusnou) skupinu ryb se skupinou kontrolní (tj. skupinou chovanou za stejných vnějších podmínek bez experimentálního zákroku). Tuto zásadu je třeba uplatnit i při vyšetření ryb z terénu a k „postižené“ skupině sehnat ryby stejného druhu, věkové kategorie, chované v podobné teplotě vody a podobně krmené, které jsou toho času „nepostižené“, např. z jiné lokality či chovného objektu. Výsledky získané v rámci testování negativního účinku vybraných látek na ryby za definovaných podmínek jsou následně shrnuty tím způsobem, že hodnoty naměřené u kontrolních skupin lze s určitou mírou tolerance považovat za daných podmínek



za „fyziologické“. K těmto jsou přiřazeny výsledky jednoznačně postižených ryb. Vyhodnocení výsledku jednotlivých stanovení (zvýšení ▲ nebo snížení ▼) je uvedeno tak, jak jej citovaní autoři vyhodnotili za konkrétních podmínek v rámci své publikace, v níž lze dohledat podrobnější vysvětlení. Ke všem hodnotám je uvedeno teplotní rozmezí, ve kterém test probíhal. Ryby v testech bývají krmeny standardní krmnou směsí určenou pro daný druh a věkovou kategorii během testu pouze u testů trvajících déle než 7 dní.

### 3.1. GLUKÓZA (GLU)

Glukóza je hlavní zdroj energie. Zvýšená koncentrace glukózy v krvi je u ryb indikátorem stresu (10–30 mmol.l<sup>-1</sup>). Velmi výrazné snížení glukózy indikuje akutní selhání jater v důsledku náhlého vyčerpání glykogenu.

**Tab. 1.** Rozsah hodnot GLU (mmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	1,3–6,9
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	2,6–6,0
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	3,4–12,5
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	3,5–6,9
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	5,0–10,0
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baeri</i> )	1,0–3,6
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	3,1–5,6

**Tab. 2.** Hodnoty GLU (mmol.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (GLU-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (GLU-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty GLU-K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty GLU-P mmol.l <sup>-1</sup>	Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 µg.l <sup>-1</sup>	17,5 ± 1,0	24 h	2,4–4,6	5,0–7,6	Sieroslawska a kol. (2012)
Kapr obecný	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–21,2	10 min	3,3–7,1	7,9–11,2	Velíšek a kol. (2005b)
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	3,1–6,4	17,5–36,1	Velíšek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Simazin	4, 20 a 50 µg.l <sup>-1</sup>	15,5–17,2	28 dní	1,8–4,2	5,9–9,8	Velíšek a kol. (2009e)
Kapr obecný	Terbutryn	0,2 a 2 µg.l <sup>-1</sup>	16,3–20,8	90 dní	3,5–5,2	7,3–11,3	Velíšek a kol. (2011b)
Kapr obecný	Alimetrin 10 EM (cypermethrin)	29,1 µg.l <sup>-1</sup>	14,5–15,7	96 h	1,5–1,9	3,3–6,7	Dobšíková a kol. (2006b)
Kapr obecný	Talstar EC10 (bifenthrin)	57,5 µg.l <sup>-1</sup>	19,3–19,5	96 h	3,8–5,2	5,8–8,3	Velíšek a kol. (2009c)
Pstruh duhový	Verapamil	270 µg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	4,3–5,9	6,7–10,2	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	96 h	2,5–4,1	6,5–8,9	Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	50 a 500 µg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	30 dní	4,2–5,8	6,2–9,2	Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Talstar EC10 (bifenthrin)	14,7 µg.l <sup>-1</sup>	15,8–16,1	96 h	3,4–5,1	6,7–9,8	Velíšek a kol. (2009d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	96 h	2,4–3,9	5,1–7,9	Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	0,2 a 2 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	7, 21 a 42 dní	2,8–4,3	4,8–6,9	Li a kol. (2010)
Pstruh duhový	MS222	100 mg.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	3,2–4,1	5,0–7,8	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	2-phenoxyethanol	0,4 ml.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	3,2–4,1	5,6–7,1	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	3,2–4,1	5,4–7,9	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	13,7–15,0	10 min	2,9–6,1	7,2–10,4	Velíšek a kol. (2005a)
Pstruh duhový	2-phenoxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	15,3–17,5	10 min	3,4–7,1	8,0–10,3	Velíšek a Svobodová (2004b)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 mg.l <sup>-1</sup>	14,5–16,2	96 h	5,1–6,8	3,2–4,9	Velíšek a kol. (2007a)
Sumec velký	2-phenoxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	19,7–20,4	10 min	5,1–8,79	9,3–15,1	Velíšek a kol. (2007b)
Okoun říční	MS222	100 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	10 min	3,0–5,7	6,1–7,5	Velíšek a kol. (2009b)
Okoun říční	Hřebíčkový olej	33 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	10 min	3,0–5,7	6,2–7,8	Velíšek a kol. (2009b)
Okoun říční	2-phenoxyethanol	0,4 ml.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	10 min	3,0–5,7	6,0–7,4	Velíšek a kol. (2009b)
Candát obecný	MS222	150 mg.l <sup>-1</sup>	20,5–20,7	10 min	6,2–11,1	12,3–15,5	Křišťan a kol. (2012)
Candát obecný	Hřebíčkový olej	33 mg.l <sup>-1</sup>	20,5–20,7	10 min	6,2–11,1	13,1–16,8	Křišťan a kol. (2012)

## 3.2. PROTEINY KREVŇÍ PLAZMY

### 3.2.1. Celkové bílkoviny (TP – Total Protein)

Koncentrace celkové bílkoviny v plazmě zahrnuje všechny bílkoviny, které se nacházejí ve vodné fázi krve. U zdravého organismu tvoří hlavní jednoduchou složku albumin (ALB) a zbývající proteiny jsou alfa, beta a gama globuliny. Koncentrace globulinů (GLOB) může být stanovena oddělením albuminu od celkové bílkoviny. Stanovením TP je sledováno poškození funkce ledvin a jater a je jedním z ukazatelů kondice ryb. Zvýšení TP indikuje poškození buněk ledvin a jater (Walmsley a kol., 1992). Snížení TP indikuje dlouhodobě probíhající infekci nebo otravu, např. pesticidy na bázi triazinů (Velíšek a kol., 2008).

**Tab. 3.** Rozsah hodnot TP (g.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	16–45
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	26–56
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	30–40
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	25–45
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	23–50
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baeri</i> )	8–18
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	24–40

**Tab. 4.** Hodnoty TP (g.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (TP-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (TP-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty TP-K (g.l <sup>-1</sup> )	Hodnoty TP-P (g.l <sup>-1</sup> )	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	38,1–46,5	27,5–36,8	▼	Vejišek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Simazin	4,0 µg.l <sup>-1</sup>	18,3 ± 1,5	90 dní	29,1–38,6	19,4–26,4	▼	Vejišek a kol. (2012)
Kapr obecný	Allimetrin 10 EM (cypermethrin)	29,1 µg.l <sup>-1</sup>	14,5–15,7	96 h	27,4–33,1	20,1–25,9	▼	Dobšířková a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 mg.l <sup>-1</sup>	14,5–16,2	96 h	38,1–45,3	48,2–53,8	▲	Vejišek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	Verapamil	270 µg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	42 dní	24,1–28,6	30,2–38,4	▲	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	2-phenoxxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	15,3–17,5	10 min	26,1–31,5	40,5–46,8	▲	Vejišek a Svobodová (2004b)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 mg.l <sup>-1</sup>	14,1–14,4	96 h	40,1–52,3	12,3–29,4	▼	Vejišek a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	MS222	125 mg.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	5,6–10,8	1,4–16,9	▲	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 ml.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	5,6–10,8	12,1–17,2	▲	Gomulka a kol. (2008)

### 3.2.2. Albuminy (ALB)

Albumin tvoří 40–60 % plazmatických bílkovin. Je syntetizován výlučně v játrech. Na udržení hladiny albuminu se podílí jaterní syntéza spolu s tkáňovým katabolismem. Význam albuminu spočívá v udržování koloidně osmotického tlaku, který zajišťuje návrat tekutin do kapiláry na venózním konci. Únik albuminu do mezibuněčných prostor (intersticia) je součástí odpovědi organismu na trauma. Další úloha albuminu spočívá v transportu metabolických produktů, iontů, hormonů a léků. Stanovením ALB je sledováno poškození jaterní a ledvinové funkce. Snížení albuminu jako projevu nedostačnosti jaterní funkce se projeví mnohem později než snížení některých koagulačních faktorů nebo typických jaterních enzymů (ALT, AST, LDH). Normální poločas katabolismu u albuminů je 19 (15)–20 dní.

**Tab. 5.** Rozsah hodnot ALB (g.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	1–10
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1–14
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	1–8
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1–7
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	1–8
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	0,5–3
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	1–10

**Tab. 6.** Hodnoty ALB (g.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (ALB-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (ALB-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty ALB-K (g.l <sup>-1</sup> )	Hodnoty ALB-P (g.l <sup>-1</sup> )	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	8,3–10,2	4,2–7,9	▼	Vejišek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Simazin	4,0 µg.l <sup>-1</sup>	18,3 ± 1,5	90 dní	3,8–6,4	0,9–2,1	▼	Vejišek a kol. (2012)
Kapr obecný	Alimetryn 10 EM (cypermethrin)	29,1 µg.l <sup>-1</sup>	14,5–15,7	96 h	1,1–2,4	0,5–0,9	▼	Dobšířková a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 mg.l <sup>-1</sup>	14,5–16,2	96 h	3,3–7,2	9,8–14,5	▲	Vejišek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	2-phenoxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	15,3–17,5	10 min	2,3–4,9	10,2–13,2	▲	Vejišek a Svobodová (2004b)
Sumeec velký	2-phenoxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	19,7–20,4	10 min	1,2–4,5	5,5–8,2	▲	Vejišek a kol. (2007b)

### 3.2.3. Globuliny (GLOB)

Globuliny se dělí na frakce alfa, beta a gama. Koncentrace globulinů **může být stanovena oddělením albuminu od celkové bílkoviny**. Zvýšení koncentrace globulinů indikuje probíhající zánětlivé procesy (Kaplan a Pesce, 1989).

**Tab. 7.** Rozsah hodnot GLOB (g.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb ve všech citovaných testech.

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	17–40
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	25–45
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	29–36
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	24–44
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	22–44
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	6–16
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	20–30

**Tab. 8.** Hodnoty GLOB ( $\text{g.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (GLOB-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (GLOB-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty GLOB-K ( $\text{g.l}^{-1}$ )	Hodnoty GLOB-P ( $\text{g.l}^{-1}$ )	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 $\text{mg.l}^{-1}$	20,0–20,2	96 h	30,1–36,2	23,2–28,4	▼	Velíšek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Alimetin 10 EM (cypermethrin)	29,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$	14,5–15,7	96 h	26,8–31,9	18,3–25,2	▼	Dobšíková a kol. (2006b)
Pstruh duhový	2-phenoxyethanol	0,3 $\text{ml.l}^{-1}$	15,3–17,5	10 min	20,2–27,4	30,1–37,3	▲	Velíšek a Svobodová (2004b)
Jeseter sibiřský	MS222	125 $\text{mg.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	4,5–9,6	10,1–16,2	▲	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 $\text{ml.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	4,5–9,6	10,9–16,8	▲	Gomulka a kol. (2008)



### 3.3. AMONIAK (NH<sub>3</sub>)

Amoniak je katabolický produkt trávení a metabolismu bílkovin u ryb a je extrémně toxický. V játrech je detoxikován vazbou na kyselinu alfa-ketoglutarovou za vzniku kyseliny glutamové a glutaminu. Ty jsou krevní cestou odváděny do žaber, kde se desaminací uvolní amoniak a ten je vylučován žábry. Kyselina alfa-ketoglutarová se vrací do jater. Hladina amoniaku v krevní plazmě ryb je velice variabilní, je silně ovlivněna působením různých endogenních a exogenních faktorů. Navíc v důsledku vysoké aktivity proteolytických enzymů u ryb dochází k rychlému postmortálnímu zvyšování amoniaku v krvi. Zvýšení hodnoty amoniaku je indikátorem selhání funkce jater nebo indikuje metabolické defekty amoniaku v Krebsově cyklu.

**Tab. 9.** Rozsah hodnot NH<sub>3</sub> (μmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	28–700
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	132–903
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	600–990
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	130–430
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	330–960
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	129–675
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	154–593

**Tab. 10.** Hodnoty  $\text{NH}_3$  ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb ( $\text{NH}_3\text{-K}$ ) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky ( $\text{NH}_3\text{-P}$ ).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T, H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty $\text{NH}_3\text{-K}$ $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Hodnoty $\text{NH}_3\text{-P}$ $\mu\text{mol.l}^{-1}$	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 $\mu\text{g.l}^{-1}$	17,5 ± 1,0	72 a 96 h	428–590	657–784	▲	Sieroslawska a kol. (2012)
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	12 h	180–350	420–530	▲	Dobšíková a kol. (2009)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 a 12 h	260–330	360–490	▼	Dobšíková a kol. (2006a)
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	182–358	426–548	▲	Velíšek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Simazin	4, 20 a 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,5–17,2	28 dní	40–92	228–308	▲	Velíšek a kol. (2009e)
Kapr obecný	Terbutryn	2 a 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$	16,5–17,9	90 dní	165–298	440–620	▲	Velíšek a kol. (2010)
Kapr obecný	Alimetricin 10 EM (cypermethrin)	29,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$	14,5–15,7	96 h	328–436	110–279	▼	Dobšíková a kol. (2006b)
Kapr obecný	Talstar EC10 (bifenthrin)	57,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$	19,3–19,5	96 h	80–205	328–589	▲	Velíšek a kol. (2009c)
Kapr obecný	Decis flow 2.5 (deltamethrin)	0,13 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–21,2	96 h	70–160	220–432	▲	Velíšek a kol. (2006a)
Pstruh duhový	Verapamil	27 a 270 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	380–550	629–864	▲	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	96 h	280–410	650–840	▲	Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	50 a 500 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	30 dní	689–820	826–1097	▲	Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Talstar EC10 (bifenthrin)	14,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,8–16,1	96 h	705–968	328–589	▼	Velíšek a kol. (2009d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	96 h	215–384	415–567	▲	Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	0,2 a 2 mg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	7, 21 a 42 dní	302–369	408–658	▲	Li a kol. (2010)
Pstruh duhový	Hřečkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	198–291	367–521	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřečkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	13,7–15,0	10 min	204–312	380–479	▲	Velíšek a kol. (2005a)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 mg.l <sup>-1</sup>	14,5–16,2	96 h	700–980	1095–1486	▲	Velíšek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	Alimetricin 10 EM (cypermethrin)	31,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,1–16,6	96 h	500–620	660–800	▲	Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 mg.l <sup>-1</sup>	14,1–14,4	96 h	740–997	470–630	▼	Velíšek a kol. (2008)
Okoun říční	MS222	100 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	10 min	180–270	405–610	▲	Velíšek a kol. (2009b)

**Pokračování Tab. 10.** Hodnoty  $\text{NH}_3$  ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb ( $\text{NH}_3\text{-K}$ ) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky ( $\text{NH}_3\text{-P}$ ).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T $\text{H}_2\text{O}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Expozice	Hodnoty $\text{NH}_3\text{-K}$ $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Hodnoty $\text{NH}_3\text{-P}$ $\mu\text{mol.l}^{-1}$	▼ ▲	Reference
Čandát obecný	MS222	150 $\text{mg.l}^{-1}$	19,1 ± 1,3	10 min	800–996	389–562	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Čandát obecný	Hřebíčkový olej	33 $\text{mg.l}^{-1}$	19,1 ± 1,3	10 min	800–996	373–585	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Čandát obecný	2-phenoxyethanol	0,3 $\text{ml.l}^{-1}$	19,1 ± 1,3	10 min	800–996	560–730	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Čandát obecný	Propiscin	1,5 $\text{ml.l}^{-1}$	19,1 ± 1,3	10 min	800–996	333–450	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Jeseter sibiřský	MS222	125 $\text{mg.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	560–679	440–540	▼	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 $\text{ml.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	550–679	460–545	▼	Gomulka a kol. (2008)

### 3.4. TRIGLYCERIDY (TAG)

Triglyceridy bývají přítomny v předkládaném krmivu a jsou také syntetizovány v játrech, převážně z karbohydrátů poskytujících sekundární zdroj energie. Jsou součástí tukové tkáně. Stanovením TAG zjišťujeme abnormality lipidového metabolismu (Colombo, 1994).

**Tab. 11.** Rozsah hodnot TAG (mmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,49–2,83
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,22–1,30
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	0,81–2,69
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1,07–4,56
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	1,75–4,20
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	0,92–2,01

**Tab. 12.** Hodnoty TAG (mmol.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (TAG-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (TAG-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	Expozice	Hodnoty TAG-K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty TAG-P mmol.l <sup>-1</sup>	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	0,42–0,68	0,04–0,31	▼	Velíšek a kol. (2009a)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 mg.l <sup>-1</sup>	14,1–14,4	96 h	0,5–0,8	0,04–0,2	▼	Velíšek a kol. (2008)
Sumec velký	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	19,7–20,2	10 min	0,6–1,3	1,7–2,3	▲	Velíšek a kol. (2006c)
Candát obecný	MS222	150 mg.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,1–3,8	1,1–2,2	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Candát obecný	Hřebíčkový olej	33 mg.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,1–3,8	1,2–2,5	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Candát obecný	2-phenoxyethanol	0,3 ml.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,1–3,8	1,9–3,0	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Candát obecný	Propisicin	1,5 ml.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,1–3,8	1,2–2,9	▼	Kříšťan a kol. (2012)
Jeseter sibiřský	MS222	125 mg.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	0,4–1,1	1,2–4,1	▲	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 ml.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	0,4–1,1	1,2–2,9	▲	Gomulka a kol. (2008)

### 3.5. CYTOPLAZMATICKÉ A MITOCHONDRIÁLNÍ ENZYMY

Tyto enzymy jsou uvolňovány z buněk při změně buněčné permeability nebo v případech buněčné nekrózy. Aktivita plazmy je odrazem uvolňování enzymů z buněk do krve. Aminotransferázy zaujímají u ryb přední místo v rozpoznání poškození jaterního parenchymu. Jejich zvýšení v krevním oběhu je nejčastějším a nejcitlivějším indikátorem porušení celistvosti membrány hepatocytu (Jindra a kol., 1995).

#### 3.5.1. Asparát aminotransferáza (AST)

Aspartát aminotransferáza se nachází v mitochondriích (70 %) a cytoplazmatické tektině (30 %). Enzym AST se vyskytuje v řadě orgánů: v játrech, kosterním svalstvu, ledvinách a v erytrocytech. Neaktivnější je tento enzym v játrech a ve svalových buňkách. Cytoplazmatický isoenzym AST je do krevního oběhu vyplaven při zvýšení permeability buněčných membrán. Uvolnění mitochondriálního AST provází těžší poškození buněk narušující i membrány mitochondrií. Zvýšení aktivity AST indikuje onemocnění jater a kosterní svaloviny. Pro poruchy jater sám o sobě není specifický, ale je charakteristický zejména pro diagnostiku poškození svalové tkáně. Výrazné zvýšení ukazuje na **nekrozu jaterního parenchymu**. Aktivita enzymu AST v plazmě dosahuje maxima za 24 hodin po poškození tkáně a vrací se do normálu během 7–10 dní. Fyziologicky je aktivita AST zvýšena u juvenilních ryb (Folmar, 1993).

**Tab. 13.** Rozsah aktivity AST ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,55–6,64
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,80–6,26
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	4,0–8,0
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	0,87–4,74
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	0,50–4,0
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	1,01–4,54
Parma obecná ( <i>Barbus barbus</i> )	19,70–22,2
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	0,82–1,30

**Tab. 14.** Aktivita AST ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (AST-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (AST-P).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Aktivita AST-K $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$	Aktivita AST-P $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	17,5 ± 1,0	72 a 96 h	1,8–4,6	6,6–10,2	▲	Sieroslawska a kol. (2012)
Kapr obecný	Simazin	4, 20 a 50 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,5–17,2	28 dní	4,8–6,2	1,3–2,9	▼	Velíšek a kol. (2009e)
Kapr obecný	Terbutryn	2 a 20 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	16,5–17,9	28 dní	0,6–1,4	2,4–3,8	▲	Velíšek a kol. (2010)
Kapr obecný	Terbutryn	0,2 a 2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	16,3–20,8	90 dní	0,8–1,5	2,8–4,6	▲	Velíšek a kol. (2011b)
Kapr obecný	Talstar EC10 (bifenthrin)	57,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	19,3–19,5	96 h	0,5–1,6	2,5–4,9	▲	Velíšek a kol. (2009c)
Kapr obecný	Decis flow 2,5 (deltamethrin)	0,13 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	20,0–21,2	96 h	2,4–4,8	5,1–7,5	▲	Velíšek a kol. (2006a)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 h	1,6–2,7	3,2–4,9	▲	Dobšíková a kol. (2006a)
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	12 h	1,1–2,5	2,8–4,5	▲	Dobšíková a kol. (2009)
Pstruh duhový	Verapamil	27 a 270 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	2,1–4,8	5,6–9,1	▲	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	3,9–5,2	9,1–13,6	▲	Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	500 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	30 dní	3,1–4,6	5,1–5,9	▲	Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	3,4–4,9	7,3–10,4	▲	Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	2-phenoxethyl	0,4 $\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$	15,3 ± 1,2	10 min	4,9–6,1	2,8–4,5	▼	Velíšek a Svobodová (2004b)
Pstruh duhový	2-phenoxethyl	0,4 $\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0–15,3	10 min	1,9–2,8	3,3–4,9	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0–15,3	10 min	1,9–2,8	3,4–4,2	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	13,7–15,0	10 min	2,8–5,4	0,4–2,7	▼	Velíšek a kol. (2005a)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	14,5–16,2	96 h	3,8–4,6	5,1–7,3	▲	Velíšek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	Allimetrin 10 EM (cypermethrin)	31,4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,1–16,6	96 h	1,4–4,0	4,3–7,6	▲	Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	14,1–14,4	96 h	4,9–6,8	1,9–4,0	▼	Velíšek a kol. (2008)

### 3.5.2. Alanin aminotransferáza (ALT)

Alanin aminotransferáza je cytoplazmatický enzym, který je lokalizován především v cytoplazmě jaterní buňky (cytosolu hepatocytu). Do krevního oběhu je vyplavován při zvýšení permeability hepatocytární membrány již při malém poškození (stačí poškození jednoho hepatocytu z 2 000). Poločas katabolismu (odbourání enzymu) je relativně dlouhý 37–57 hodin (průměrně 48 hodin). Vysoké zvýšení aktivity ALT indikuje toxické poškození jater a metabolické vady s participací jater (Neff, 1985).

**Tab. 15.** Rozsah aktivity ALT ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,10–1,60
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,08–1,42
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	0,10–0,40
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	0,15–1,23
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	0,08–1,43
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	0,08–0,35
Parma obecná ( <i>Barbus barbus</i> )	1,60–1,90
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	0,18–0,60



**Tab. 16.** Aktivita ALI ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (ALT-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (ALT-P).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Aktivita ALT-K $\mu\text{kat.l}^{-1}$	Aktivita ALT-P $\mu\text{kat.l}^{-1}$	▼ ▲ Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 $\mu\text{g.l}^{-1}$	17,5 ± 1,0	72 a 96 h	0,05–0,16	0,25–0,55	▲ Sieroslawska a kol. (2012)
Kapr obecný	2-phenoxeth.	0,30 $\text{ml.l}^{-1}$	18,3–19,6	10 min.	0,12–0,21	0,28–0,41	▲ Velíšek a Svobodová (2004a)
Kapr obecný	Simazin	1, 2 a 4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	18,3 ± 1,5	90 dní	0,18–0,32	0,03–0,11	▼ Velíšek a kol. (2012)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 h	0,62–1,01	0,06–0,12	▼ Dobšíková a kol. (2006a)
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	12 h	0,81–1,54	0,06–0,19	▲ Dobšíková a kol. (2009)
Kapr obecný	Decis flow 2,5 (deltamethrin)	0,13 $\text{mg.l}^{-1}$	20–21,2	96 h	0,51–0,70	0,80–1,12	▲ Velíšek a kol. (2006a)
Pstruh duhový	Verapamil	27 a 270 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	0,24–0,54	0,77–1,34	▲ Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	0,31–0,62	0,75–0,94	▲ Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	500 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	30 dní	0,11–0,25	0,40–0,66	▲ Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	0,10–0,26	0,63–0,86	▲ Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	0,2 a 2 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	7, 21 a 42 dní	0,21–0,40	0,45–0,99	▲ Li a kol. (2010)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 $\text{mg.l}^{-1}$	14,5–16,2	96 h	0,16–0,21	0,08–0,14	▼ Velíšek a kol. (2007a)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 h	0,65–0,95	0,10–0,25	▼ Dobšíková a kol. (2006a)
Sumec velký	2-phenoxethyl	0,3 $\text{ml.l}^{-1}$	17,9–20,4	10 min	0,14–0,28	0,02–0,10	▼ Velíšek a kol. (2007b)
Sumec velký	Hřebíčkový olej	30 $\text{mg.l}^{-1}$	19,7–20,2	10 min	0,09–0,21	0,25–0,42	▼ Velíšek a kol. (2006c)
Jeseter sibiřský	MS222	125 $\text{mg.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	0,06–0,13	0,15–0,28	▲ Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 $\text{ml.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	0,06–0,13	0,15–0,23	▲ Gomulka a kol. (2008)

### 3.5.3. Amyláza (AMYL)

Amyláza vykazuje vysokou aktivitu v pankreatu a v menším rozsahu i ve slinných žlázách, mukóze tenkého střeva a v játrech. Změny aktivity AMYL indikují poruchy funkce pankreatu.

**Tab. 17.** Rozsah aktivity AMYL ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,17–2,0
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	6,08–8,93

Během experimentů provedených na FROV JU nebyla změna aktivity amylázy zjištěna.

### 3.5.4. Kreatinkináza (CK)

Kreatinkináza je enzym, který katalyzuje reverzibilní fosforylaci kreatinu na kreatinfosfát. Kreatinfosfát je hlavním zdrojem vysokoenergetického fosfátu používaného při svalové kontrakci. CK se skládá ze dvou podjednotek, a to M (v kosterní svalovině) a B (v mozku). Kreatinkináza má tři typy isoenzymů. Maximální aktivity CK je dosaženo 6 hodin po poškození tkáně a poločas odbourání je cca 15 hodin (Musil, 1991). U ryb ve špatné kondici nastává zvýšení až za 8–16 hodin, s maximem za 24 hodin. Změna aktivity CK indikuje poškození svaloviny (zhmoždění svalů, progresivní svalovou dystrofii, hemofilii), velkou tělesnou námahu nebo intoxikaci.

**Tab. 18.** Rozsah aktivity CK ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	11,98–18,70
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	13,49–25,0
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	6,50–14,50
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	13,53–18,87
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	12,01–20,0
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	12,08–16,02
Parma obecná ( <i>Barbus barbuis</i> )	32,30–35,20
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	14,13–16,90

**Tab. 19.** Aktivita CK ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (CK-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (CK-P).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Aktivita CK-K $\mu\text{kat.l}^{-1}$	Aktivita CK-P $\mu\text{kat.l}^{-1}$	▼ ▲ Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 $\mu\text{g.l}^{-1}$	17,5 ± 1,0	24, 72 a 96 h	9,9–13,1	15,1–26,7	▲ Sieroslawska a kol. (2012)
Kapr obecný	Simazin	4, 20 a 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,5–17,2	28 dní	9,8–15,4	17,3–24,6	▲ Velíšek a kol. (2009e)
Kapr obecný	Terbutryn	2 a 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$	16,5–17,9	28 dní	8,4–14,2	15,3–18,4	▲ Velíšek a kol. (2010)
Kapr obecný	Talstar EC10 (bifenthrin)	57,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$	19,3–19,5	96 h	10,4–14,2	15,1–18,7	▲ Velíšek a kol. (2009c)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 h	4,5–6,1	8,4–12,3	▲ Dobešková a kol. (2006a)
Kapr obecný	Alimetryn 10 EM (cypermethrin)	29,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$	14,5–15,7	96 h	10,4–13,8	14,8–17,1	▲ Dobešková a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	10,8–15,2	17,8–21,9	▲ Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	0,2; 50 a 500 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	7, 20 a 30 dní	11,6–14,3	15,4–24,4	▲ Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	11,3–16,1	17,1–21,5	▲ Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	0,2 a 2 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	7, 21 a 42 dní	11,0–16,3	17,4–28,5	▲ Li a kol. (2010)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 $\text{mg.l}^{-1}$	14,5–16,2	96 h	12,5–20,3	23,4–30,5	▲ Velíšek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	Alimetryn 10 EM (cypermethrin)	31,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,1–16,6	96 h	5,1–13,2	14,5–16,8	▲ Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Talstar EC10 (bifenthrin)	14,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,8–16,1	96 h	10,4–14,8	15,2–18,7	▲ Velíšek a kol. (2009d)
Okoun říční	2-phenoxylethyl	0,4 $\text{ml.l}^{-1}$	20,0–20,2	10 min	12,8–17,1	19,7–24,6	▲ Velíšek a kol. (2009b)

### 3.5.5. Lipáza (LIPA)

Lipáza vykazuje vysokou aktivitu v pankreatu a v menším rozsahu také v mukóze tenkého střeva a v játrech. Změna aktivity LIPA indikuje poškození funkce pankreatu.

**Tab. 20.** Rozsah aktivity LIPA ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,0–1,48
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1,0–3,98

Během experimentů provedených na FROV JU nebyla změna aktivity amylázy zjištěna.

### 3.5.6. Laktát dehydrogenáza (LDH)

Laktát dehydrogenáza je všudypřítomný cytoplazmatický enzym, který není pro jaterní parenchym specifický, je však důležitý při diferenciální diagnostice poškození jater. Enzym je tvořený čtyřmi podjednotkami dvou možných typů: M (sval) a H (srdce). Podle zastoupení jednotek uvedených typů lze rozlišit 5 isoenzymů, které jsou pak do určité míry tkáňově specifické. V hepatocytech převládá isoenzym LD5. Stanovení aktivity LDH indikuje poškození jater, kosterní a srdeční svaloviny a některá nádorová onemocnění. Zvýšení aktivity LDH 10 až 20krát (s tím, že  $\text{LDH} > \text{AST} > \text{ALT}$ ) indikuje akutní selhání jater, hepatodystrofii a toxické poškození jater.

**Tab. 21.** Rozsah aktivity LDH ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	9,9–22,0
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	6,1–22,0
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	4,5–13,6
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	17,0–26,8
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	16,0–25,0
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	16,5–19,0
Parma obecná ( <i>Barbus barbuis</i> )	30,4–32,0
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	16,1–21,2

**Tab. 22.** Aktivita LDH ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (LDH-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (LDH-P).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T, H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty LACT-K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty LACT-P mmol.l <sup>-1</sup>	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Microcystin (LR)	12 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	17,5 ± 1,0	24,72 a 96 h	14,0–18,1	19,3–28,3	▲	Sierosławska a kol. (2012)
Kapr obecný	Simazin	4, 20 a 50 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,5–17,2	28 dní	15,2–19,9	21,3–28,6	▼	Velíšek a kol. (2009e)
Kapr obecný	Terbutryn	2 a 20 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	16,5–17,9	28 dní	10,1–15,2	16,8–20,2	▲	Velíšek a kol. (2010)
Kapr obecný	Terbutryn	0,2 a 2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	16,3–20,8	90 dní	10,3–15,8	18,6–25,4	▲	Velíšek a kol. (2011b)
Kapr obecný	Transport ryb		12,0–12,6	7 h	8,2–11,3	13,6–17,7	▲	Dobšířková a kol. (2006a)
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	7, 12 h	7,5–11,0	11,8–15,9	▲	Dobšířková a kol. (2009)
Kapr obecný	Alimetrin 10 EM (cypemethrin)	29,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	14,5–15,7	96 h	18,9–20,4	11,6–15,0	▼	Dobšířková a kol. (2006b)
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	20,0–20,2	96 h	5,3–8,4	2,4–4,9	▼	Velíšek a kol. (2009a)
Pstruh duhový	Verapamil	270 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	13,2–18,7	19,8–27,5	▲	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiconazol	5,04 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	15,6–19,5	20,5–25,7	▲	Li a kol. (2011b)
Pstruh duhový	Propiconazol	50 a 500 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	30 dní	15,4–18,3	19,0–29,1	▲	Li a kol. (2011c)
Pstruh duhový	Carbamazepin	19,9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	96 h	17,2–20,4	22,1–26,8	▲	Li a kol. (2011d)
Pstruh duhový	Carbamazepin	0,2 a 2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	15,0 ± 1,0	7, 21 a 42 dní	12,6–19,5	20,0–29,5	▲	Li a kol. (2010)
Pstruh duhový	Alimetrin 10 EM (cypemethrin)	31,4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,1–16,6	96 h	16,1–19,8	24,5–27,9	▲	Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Talstar EC10 (bifenthrin)	14,7 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	15,8–16,1	96 h	15,3–17,9	18,7–21,4	▲	Velíšek a kol. (2009d)
Okoun říční	Hřebíčkový olej	33 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	20,0–20,2	10 min	16,4–20,1	7,8–13,4	▼	Velíšek a kol. (2009b)

### 3.6. ENZYMY VÁZANÉ NA BUNĚČNOU MEMBRÁNU

Tyto enzymy se používají k detekci onemocnění jaterního a žlučového (biliárního) systému (Jindra a kol., 1995). V krvi se v případech jaterní nekrózy příliš nezvyšují, ale jejich aktivita stoupá během vážných obstrukčních nebo proliferativních onemocnění hepatobiliárního systému.

#### 3.6.1. Alkalická fosfatáza (ALP)

ALP je enzym přítomný v mnoha tkáních a je známa řada normálních i patologických isoenzymů. Praktický význam mají normální isoenzymy kostní, jaterní a střevní, které představují podstatnou část plazmatické aktivity ALP. Převážná část jaterní ALP se nachází v buněčných membránách výstelky žlučových cest. Alkalická fosfatáza ovlivňuje membránový transport, metabolismus glykogenu a syntézu proteinů (Bhavan a Geraldine, 2001). Změny aktivity ALP indikují onemocnění jater související s biliárním systémem. Zvýšené hodnoty ALP se mohou vyskytovat po podávání léků (např. antibiotik), při dlouhodobém hladovění a anémii.

**Tab. 23.** Rozsah aktivity ALP ( $\mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,05–1,72
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,13–1,44
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	0,13–0,89
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	0,60–1,20
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	0,42–1,32

**Tab. 24.** Aktivita ALP ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb (ALP-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (ALP-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Aktivita ALP-K $\mu\text{kat.l}^{-1}$	Aktivita ALP-P $\mu\text{kat.l}^{-1}$	▼ ▲	Reference
Kapř obecný	Transport ryb		12,0–12,6	12 h	0,28–0,61	0,11–0,26	▼	Dobšíková a kol. (2006a)
Kapř obecný	Simazin	0,06; 1; 2 a 4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	18,3 ± 1,5	90 dní	0,58–0,79	0,08–0,25	▼	Velíšek a kol. (2012)
Kapř obecný	Alimetřin 10 EM (cypermethrin)	29,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$	14,5–15,7	96 h	8,31–10,54	3,41–6,99	▼	Dobšíková a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Alimetřin 10 EM (cypermethrin)	31,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,1–16,6	96 h	0,72–1,45	0,22–0,64	▼	Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 $\text{mg.l}^{-1}$	14,1–14,4	96 h	0,81–1,27	0,32–0,68	▼	Velíšek a kol. (2008)
Pstruh duhový	Talstar EC10 (bifenthrin)	14,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$	15,8–16,1	96 h	0,21–0,42	0,54–0,83	▲	Velíšek a kol. (2009d)
Pstruh duhový	MS222	100 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0–15,3	10 min	0,18–0,44	0,55–1,08	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 $\text{mg.l}^{-1}$	15,0–15,3	10 min	0,18–0,44	0,52–0,97	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Žphenoxyeth.	0,4 $\text{ml.l}^{-1}$	15,0–15,3	10 min	0,18–0,44	0,82–1,45	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Okoun říční	MS222	100 $\text{mg.l}^{-1}$	20,0–20,2	10 min	0,05–0,41	0,60–0,75	▲	Velíšek a kol. (2009b)
Okoun říční	Hřebíčkový olej	33 $\text{mg.l}^{-1}$	20,0–20,2	10 min	0,05–0,41	0,58–0,85	▲	Velíšek a kol. (2009b)
Okoun říční	Žphenoxyeth.	0,4 $\text{ml.l}^{-1}$	20,0–20,2	10 min	0,05–0,41	0,65–1,1	▲	Velíšek a kol. (2009b)
Jeseter sibiřský	MS222	125 $\text{mg.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	0,90–1,35	0,37–0,80	▼	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 $\text{ml.l}^{-1}$	17,0 ± 1,0	10 min	0,9–1,35	0,45–0,84	▼	Gomulka a kol. (2008)

### 3.6.2. Gamma glutamyltransferáza (GGT)

Gamma glutamyltransferáza, rovněž zvaná gamma-glutamyltranspeptidáza, je enzym, který je přítomen v ledvinách a ve žlučovodu. Změna aktivity tohoto enzymu bývá nejcitlivějším indikátorem hepatobiliárních chorob. Vzhledem k vysoké prediktivní hodnotě pro tyto choroby se měření GGT v širokém měřítku používá za účelem vyloučení poškození hepatobiliárního původu. Spolu s ostatními enzymy, jako např. s alanin aminotransferázou, aspartát aminotransferázou a cholinesterázou, je GGT cenným nástrojem pro diferenciální diagnózu jaterních chorob (Karlson a kol., 1987).

**Tab. 25.** Rozsah aktivity GGT ( $\mu\text{kat.l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb ve všech citovaných testech.

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,01–0,30
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,01–0,20
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	0,01–0,04

**Během experimentů** proběhnuvších na FROV JU nebyla zjištěna změna aktivity gamma glutamyltransferázy v plazmě ryb.

## 3.7. MINERÁLY

### 3.7.1. $\text{Ca}^{2+}$ = kalcium (vápník)

Vápník je esenciální prvek, který je součástí mnoha tělních systémů, mezi které patří skelet, enzymatická aktivita, svalový metabolismus, krevní srážlivost a osmoregulace. V krevní plazmě je 40–45 % vápníku vázáno na bílkoviny, 50 % ionizovaného a 5–10 % v komplexu s kyselinami. Ionizované kalcium má význam hlavně pro neuromuskulární dráždění. Snížená hladina koncentrace vápníku může být spojována s onemocněním kostního aparátu, onemocněním ledvin a defekty metabolismu Ca.

**Tab. 26.** Rozsah hodnoty  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference)

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,92–3,23
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	2,02–3,25
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	2,09–2,57
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	2,37–3,51
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	2,17–3,13
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	1,0–2,14
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	2,11–2,89
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	2,17–4,0



**Tab. 27.** Hodnoty  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) stanovené u kontrolních ryb ( $\text{Ca}^{2+}\text{-K}$ ) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky ( $\text{Ca}^{2+}\text{-P}$ ).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T $\text{H}_2\text{O}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Expozice	Hodnoty $\text{Ca}^{2+}\text{-K}$ $\text{mmol.l}^{-1}$	Hodnoty $\text{Ca}^{2+}\text{-P}$ $\text{mmol.l}^{-1}$	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	7 h	2,7–3,9	4,1–5,9	▲	Dobšíková a kol. (2009)
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 $\text{mg.l}^{-1}$	20,0–20,2	96 h	1,9–2,3	2,4–2,8	▲	Velíšek a kol. (2009a)
Pstruh duhový	Decis EW 50 (deltamethrin)	0,02 $\text{mg.l}^{-1}$	14,5–16,2	96 h	1,9–2,7	2,8–3,3	▲	Velíšek a kol. (2007a)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 $\text{mg.l}^{-1}$	14,1–14,4	96 h	2,8–4,2	0,9–2,1	▼	Velíšek a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	MS222	125 $\text{mg.l}^{-1}$	17,0 $\pm$ 1,0	10 min	1,7–2,2	1,1–1,6	▼	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 $\text{ml.l}^{-1}$	17,0 $\pm$ 1,0	10 min	1,7–2,2	0,8–1,6	▼	Gomulka a kol. (2008)

### 3.7.2. Mg<sup>2+</sup> = magnézium (hořčík)

Hořčík hraje důležitou roli při aktivaci enzymů účastnících se řady anabolických a katabolických procesů. Je také zapojen do syntézy a destrukce acetylcholinu, který reguluje přenos elektrických impulsů na neuromuskulárním spojení.

**Tab. 28.** Rozsah hodnot Mg<sup>2+</sup> (mmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,37–1,47
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,8–1,50
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	0,72–1,42
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	0,81–1,65
Siven americký ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	0,98–1,36
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	0,80–1,50

**Tab. 29.** Hodnoty Mg<sup>2+</sup> (mmol.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (Mg<sup>2+</sup>-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (Mg<sup>2+</sup>-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty Mg <sup>2+</sup> -K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty Mg <sup>2+</sup> -P mmol.l <sup>-1</sup>	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Terbutryn	0,2 a 2 μg.l <sup>-1</sup>	16,3–20,8	90 dní	0,91–1,31	0,20–0,74	▼	Velíšek a kol. (2011b)

Změna hodnoty hořčíku byla zjištěna pouze po 90denní expozici terbutrynu, u ostatních experimentů provedených na FROV JU, nebyla zaznamenána změna hodnoty hořčíků.

### 3.7.3. PHOS = anorganický fosfát

Fosfor je prvek, který hraje významnou roli v metabolických procesech a je součástí nukleových kyselin, fosfolipidů a nukleotidů. Fosfáty jsou také důležitou součástí pufrujících systémů uvnitř tkáňových tekutin. Změny hladiny krevního PHOS indukují těžké poškození ledvin.

**Tab. 30.** Rozsah hodnot PHOS (mmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,72–3,89
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	1,62–5,19
Sumec velký ( <i>Silurus glanis</i> )	0,88–1,8
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	2,12–4,15
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	1,52–4,78
Jeseter sibiřský ( <i>Acipenser baerii</i> )	1,54–3,02
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	0,76–3,85

**Tab. 31.** Hodnoty PHOS (mmol.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (PHOS-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (PHOS-P).

Druh ryby	Testovaná látka	Koncentrace	T H <sub>2</sub> O (°C)	Expozice	Hodnoty PHOS-K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty PHOS-P mmol.l <sup>-1</sup>	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	1,7–2,5	0,5–1,3	▼	Velíšek a kol. (2009a)
Kapr obecný	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–21,1	10 min	0,8–1,7	2,8–4,6	▲	Velíšek a kol. (2005b)
Okoun říční	2phenoxyethyl	0,4 ml.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	10 min	2,1–4,2	4,9–6,7	▲	Velíšek a kol. (2009b)
Candát obecný	MS222	150 mg.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,8–4,2	1,9–3,0	▼	Křížtan a kol. (2012)
Candát obecný	Propiscin	1,5 ml.l <sup>-1</sup>	19,1 ± 1,3	10 min	3,8–4,2	2,2–3,4	▼	Křížtan a kol. (2012)
Jeseter sibiřský	MS222	125 mg.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	2,8–3,1	0,9–2,3	▼	Gomulka a kol. (2008)
Jeseter sibiřský	Hřebíčkový olej	75 ml.l <sup>-1</sup>	17,0 ± 1,0	10 min	2,8–3,1	1,5–2,4	▼	Gomulka a kol. (2008)

### 3.8. LAKTÁT (LACT)

Laktát je sůl kyseliny mléčné, která vzniká při anaerobní glykolýze přeměnou pyruvátu pomocí laktát dehydrogenázy (LHD). Aktivita laktátu v krvi je dána poměrem mezi jeho tvorbou a jeho odbouráváním (glukoneogenezí) v játrech. Hyperlaktatémie vzniká při nadprodukcí nebo z nedostatečné utilizace laktátu v organismu. Příčinami hyperlaktémie jsou tkáňová hypoxie (při vysoké fyzické zátěži organismu) a laktátová acidóza (při respirační nedostatečnosti, při šoku, při poruchách periferního prokrvení, při intoxikaci CO a kyanidy a při sepsi). Na tvorbě laktátu se nejvíce podílejí (sestupně): kůže, erytrocyty, mozek, svaly, střevní sliznice, leukocyty a trombocyty. Laktát je dále transportován krví do jater a ledvin (menší část), kde je použit v procesu glukoneogeneze. Zbytek LACT metabolizuje myokard a další orgány. Hromadění laktátu ve svalu je příčinou svalové únavy a bolesti (Schneiderka, 2004).

**Tab. 32.** Rozsah hodnot LACT (mmol.l<sup>-1</sup>) u kontrolních (zdravých) ryb z vybraných testů (viz reference).

Kapr obecný ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0,52–6,32
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,60–9,58
Candát obecný ( <i>Sander lucioperca</i> )	1,90–5,90
Tilapie nilská ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	0,20–5,50

**Tab. 33.** Hodnoty LACT (mmol.l<sup>-1</sup>) stanovené u kontrolních ryb (LACT-K) a u ryb vystavených negativnímu účinku testované látky (LACT-P).

Druh ryby	Testovaná látka, stresor	Koncentrace	T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	Expozice	Hodnoty LACT-K mmol.l <sup>-1</sup>	Hodnoty LACT-P mmol.l <sup>-1</sup>	▼ ▲	Reference
Kapr obecný	Terbutryn	2 a 20 μg.l <sup>-1</sup>	16,5–17,9	28 dní	0,42–1,36	2,41–3,97	▲	Velíšek a kol. (2010)
Kapr obecný	Terbutryn	0,2 a 2 μg.l <sup>-1</sup>	16,3–20,8	90 dní	0,82–1,56	1,92–4,33	▲	Velíšek a kol. (2011b)
Kapr obecný	Transport ryb		16,5–17,2	12 h	5,64–8,11	8,50–11,17	▲	Dobšíková a kol. (2009)
Kapr obecný	Alimetryn 10 EM (cypermethrin)	29,1 μg.l <sup>-1</sup>	14,5–15,7	96 h	0,25–1,82	3,20–9,70	▲	Dobšíková a kol. (2006b)
Kapr obecný	Sencor 70 WG (metribuzin)	250,2 mg.l <sup>-1</sup>	20,0–20,2	96 h	0,84–1,32	0,41–0,74	▼	Velíšek a kol. (2009a)
Pstruh duhový	Verapamil	270 μg.l <sup>-1</sup>	15,0 ± 1,0	21 a 42 dní	2,31–3,64	1,01–1,99	▼	Li a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Sencor 70 WG (metribuzin)	89,3 mg.l <sup>-1</sup>	14,1–14,4	96 h	2,4–5,8	0,6–2,1	▼	Velíšek a kol. (2008)
Pstruh duhový	Alimetryn 10 EM (cypermethrin)	31,4 μg.l <sup>-1</sup>	15,1–16,6	96 h	0,81–3,45	3,98–11,23	▲	Velíšek a kol. (2006b)
Pstruh duhový	MS222	100 mg.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	7,2–9,2	3,73–6,58	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Hřebíčkový olej	30 mg.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	7,2–9,2	3,59–7,08	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	2phenoxyethyl	0,4 ml.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	7,2–9,2	3,09–6,48	▲	Velíšek a kol. (2011a)
Pstruh duhový	Propiscin	1 ml.l <sup>-1</sup>	15,0–15,3	10 min	7,2–9,2	3,61–5,48	▲	Velíšek a kol. (2011a)

#### 4. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Stanovení biochemického profilu krve je pro veterinární praxi savců rutinní záležitostí, která dává do rukou veterinárního lékaře, chovatele nebo výzkumníka velmi cenné informace o zdravotním stavu zvířete. Na všech SVÚ (státních veterinárních ústavech), ve všech diagnostických laboratořích (lze využít i humánní) a ve většině výzkumných laboratořích je v dnešní době k dispozici biochemický analyzátor. Tuto diagnostickou síť lze servisně využít také pro stanovení biochemického profilu krve ryb. Dlouholeté zkušenosti v rámci testování negativního účinku vybraných látek na ryby v rámci řešení různých projektů ve VÚRH JU Vodňany ukazují, že na běžných biochemických analyzátoch lze korektně stanovovat také biochemické parametry krve ryb. Problém spočívá v interpretaci výsledků, která je komplikována vysoce významným ovlivněním aktuálního vnitřního stavu organismu ryby poikilotermií. Autoři dávají „odrazový můstek“ pro interpretaci získaných výsledků biochemického profilu krve ryb na základě výsledků provedených experimentů. V tomto směru je metodika novem.

#### 5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika je určena pro veterinární lékaře pracující v oblasti rybářství a akvakultury, pro rybářské specialisty hodnotící kondiční stav ryb a pro vědecké pracovníky, kteří sledují vliv různých faktorů na zdravotní stav ryb.

Metodika rozšiřuje možnosti vyšetření zdravotního stavu ryb o stanovení biochemického profilu krve a dává uživatelům podklady pro správnou interpretaci získaných výsledků.

#### 6. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Využívání předloženého metodického postupu povede k zefektivnění a zkvalitnění diagnostiky příčin poškození a úhynu ryb. Předpokládáme, že zavedením těchto preventivních opatření dojde ke snížení ztrát o 2 až 3 %, což bude představovat například pro podnik s produkcí 20 tun lososovitých ryb finanční částku ve výši 40 000 až 60 000 Kč ročně.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Allen, P., 1993. Determination of haematological parameters of *Oreochromis aureus* Steindachner and the effects of heparin on these. *Comparative Biochemistry and Physiology* 106A: 355–358.
- Al-Salahy, M.B., 2002. Some physiological studies on the effect of onion and garlic juices on the fish, *Clarias lazera*. *Fish Physiology and Biochemistry* 27: 129–142.
- Anver Celik, E., 2004. Blood chemistry (electrolytes, lipoprotein and enzymes) values of black scorpion fish (*Scorpaena porcus* 1758) in the Dardanelles, Turkey. *Journal of Biology Sciences* 4: 716–719.
- Audet, C., Claireaux, G., 1992. Diel and seasonal changes in resting levels of various blood parameters in brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 870–877.
- Bahmani, M., Kazemi, R., Donskaya, P., 2001. A comparative study of some hematological features in young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). *Fish Physiology and Biochemistry* 24: 135–140.
- Ballarin, L., Dalloro, M., Bertotto, D., Libertini, A., Francescon, A., Barbaro, A., 2004. Haematological parameters in *Umbrina cirrosa* (Teleostei, Sciaenidae): a comparison between diploid and triploid specimens. *Comparative Biochemistry and Physiology* 138: 45–51.
- Bhavan, P.S., Geraldine, P., 2001. Biochemical stress responses in tissues of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* on exposure to endosulfan. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 70: 27–41.
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., 1996. *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, pp. 14–19.
- Cambell, T.W., Murra, F., 1990. An introduction to fish hematology. *Comparison Continuing Education in Veterinary Science* 12: 525–533.
- Colombo, J.P., 1994. *Klinisch-chemische Urindiagnostik*. Labolife-Verlagogemeinschaft, Rotkreuz Schweiz, 153 p.
- Dobšíková, R., Svobodová, Z., Bláhová, J., Modrá, H., Velišek, J., 2006a. Stress response to long distance transport of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno* 75: 437–448.
- Dobšíková, R., Velišek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodová, Z., Novotný, L., 2006b. Effects of cypermethrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Neuroendocrinology Letters* 27: 101–105.
- Dobšíková, R., Svobodová, Z., Bláhová, J., Modrá, H., Velišek, J., 2009. The effect of transport on biochemical and haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Czech Journal of Animal Science* 54: 510–518.
- Doubek, J., Bouda, J., Doubek, M., Füll, M., Knotková, Z., Peřilová, S., Pravda, D., Scheer, P., Svobodová, Z., Vodička, R., 2003. *Veterinární hematologie*. Noviko a.s., Brno, 464 s.

- Folmar, L.C., 1993. Effects of chemical contaminants on blood chemistry of teleost fish: a bibliography and synopsis of selected effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 12: 337–375.
- Gallardo, M.A., Sala-Rabanal, M., Ibarz, A., Padros, F., Blasco, J., Fernandez-Borra, J., Sanchez, J., 2003. Functional alterations associated with “winter syndrome” in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 223: 15–27.
- Gomulka, P., Wlasow, T., Velíšek, J., Svobodová, Z., Chmielinska, E., 2008. Effects of Eugenol and MS-222 Anaesthesia on Siberian Sturgeon *Acipenser baerii* Brandt. *Acta Veterinaria Brno* 77: 447–453.
- Harikrishnan, R., Nisha Rani, M., Balasundaram, C., 2003. Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture* 221: 41–50.
- Hawkins, R.I., Mawdesley-Thomas, L., 2006. Fish haematology - A bibliography. *Journal of Fish Biology* 4: 193–232.
- Hille, S., 1982. A literature review of the blood chemistry of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich. *Journal of Fish Biology* 20: 535–569.
- Jindra, A., Kovacs, P., Psenak, M., Sipal, Z., 1995. Biochémiá. Molekulárnobiologické a farmaceutické aspekty. Osveta n.p., Martin, pp. 13–19.
- Kang, J.C., Lee, J.S., Jee, J.H., 1999. Ecophysiological responses and subsequent recovery of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* exposed to hypoxia and iron II. Survival, metabolic and histological changes of the olive flounder exposed to iron. *Journal of the Korean Fisheries Society* 32: 699–705.
- Kang, J.C., Kim, S.G., Jee, J.H., 2003. Long-term sublethal cadmium exposed survival, growth and metabolic rate change in the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the Korean Fisheries Society* 36: 39–43.
- Kaplan, L.A., Pesce, A.J., 1989. *Clinical Chemistry*. CV Mosby Company, St. Louis, 186 p.
- Karlson, P., Gerob, W., Gross, W., 1987. *Patobiochemie*. Academia, Praha, 236 s.
- Kirková, Z., 1990. Základné hematologické ukazatele kapra dunajského a kapra kultúrného. *Živočišná Výroba* 35: 889–894.
- Kolářová, J., Svobodová, Z., 2009. Léčebné a preventivní postupy v chovech ryb. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 88, 30 s.
- Křišťan, J., Stará, A., Turek, J., Polícar, T., Velíšek, J., 2012. Comparison of the effects of four anaesthetics on blood biochemical profiles in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Neuroendocrinology Letters* 33 (suppl. 3): 66–71.
- LeBreton, G.T.O., Beamish, F.W.H., McKinley, R.S., 2004. *Sturgeons and Paddlefish of North America*. Fish & Fisheries Series, Vol. 27. Kluwer Academic Publishers, Aarhus City, 323 p.
- Li, Z.H., Velíšek, J., Žlábek, V., Grabic, R., Máchová, J., Kolářová, J., Randák, T., 2010. Hepatic antioxidant status and haematological parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, after chronic exposure to carbamazepine. *Chemico-Biological Interactions* 138: 98–104.



- Li, Z.H., Velíšek, J., Žlábek, V., Grabic, R., Máchová, J., Kolářová, J., Li, P., Randák, T., 2011a. Chronic toxicity of Verapamil on juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on morphological indices; hematological parameters and antioxidant responses. *Journal of Hazardous Materials* 185: 870–880.
- Li, Z.H., Žlábek, V., Velíšek, J., Grabic, R., Máchová, J., Kolářová, J., Li, P., Randák, T., 2011b. Antioxidant responses and plasma biochemical characteristics in the freshwater rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, after acute exposure to the fungicide propiconazole. *Czech Journal of Animal Science* 56: 64–72.
- Li, Z.H., Velíšek, J., Grabic, R., Li, P., Kolářová, J., Randák, T., 2011c. Use of hematological and plasma biochemical parameters to assess the chronic effects of a fungicide Propiconazole on a freshwater teleost. *Chemosphere* 83: 572–578.
- Li, Z.H., Žlábek, V., Velíšek, J., Grabic, R., Máchová, J., Kolářová, J., Li, P., Randák, T., 2011d. Acute toxicity of carbamazepine to juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on antioxidant responses, hematological parameters and hepatic EROD. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74: 319–327.
- Lusková, V., 1996. Sezónní dynamika hematologických a biochemických ukazatelů u modelových druhů lososovitých a kaprovitých ryb. Disertační práce, AV ČR Brno, 163 s.
- Martinez, F.J., Garcia-Riera, M.P., Canteras, M., DeCosta, J., Zamora, S., 1994. Blood parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): simultaneous influence of various factors. *Comparative Biochemistry and Physiology* 107A: 95–100.
- Masopust, J., 2000. Klinická biochemie. Karolinum, Praha, 429 s.
- McDonald, D.G., Milligan, C.L., 1992. Chemical properties of the blood. In: Hoar, W.S., Randall, D.H., Farrell, A.P. (Eds.), *Fish Physiology*. Academic Press, New York, pp. 56–135.
- Musil, J., 1991. Základy biochemie chorobných procesů. Avicenum, Praha, 321 s.
- Neff, J.M., 1985. Use of biochemical measurement to detect pollutant-mediated damage to fish. *ASTM Special Technical Publication* 854: 155–183.
- Pimpao, C.T., Zampronio, A.R., Silva de Assis, H.C., 2007. Effects of deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 88: 122–127.
- Řehulka, J., Minarik, B., Řehulková, E., 2004. Red blood cell indices of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) in aquaculture. *Aquaculture Research* 35: 529–546.
- Sala-Rabanal, M., Sanchez, J., Ibarz, A., Fernandez-Borras, J., Blasco, J., Gallardo, M.A., 2003. Effects of low temperatures and fasting on hematology and plasma composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry* 29: 105–115.
- Sandstrom, O., 1989. Seasonal variations in some blood parameters in perch, *Perca fluviatilis* L. *Journal of Applied Ichthyology* 5: 80–84.
- Schneiderka, P., 2004. Kapitoly z klinické biochemie. Karolinum, Praha, 365 s.

- Sieroslawska, A., Rymuszka, A., Velíšek, J., Pawlik-Skowronska, B., Svobodová, Z., Skowronski, T., 2012. Effects of microcystin-containing cyanobacterial extraction hematological and biochemical parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 1159–1167.
- Siwicki, A.K., Anderson, D., Waluga, J., 1993. Fish diseases diagnosis and preventions methods. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 182 pp.
- Soimasuo, R., Jokinen, I., Kukkonen, J., Petanen, T., Ristola, T., Oidari, A., 1995. Biomarker responses along a pollution gradient: Effects of pulp and paper mill effluents on caged whitefish. *Aquatic Toxicology* 31: 329–345.
- Stoskopf, M.K., 1993. Clinical Pathology. In: Stoskopf, M.K. (Ed.), *Fish Medicine*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, pp. 113–131.
- Svobodová, Z., Pravda, D., Paláčková, J., 1991. Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb. *Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany*, č. 20, 31 s.
- Svobodová, Z., Máchová, J., Poleszczuk, G., Hůda, J., Hamáčková, J., Kroupová, H., 2005. Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water-recirculating systems: three case studies. *Acta Veterinaria Brno* 74: 129–137.
- Svobodová, Z., Kolářová, J., Navrátil, S., Veselý, S., Chloupek, P., Tesarčík, J., Čítek, J., 2007. Nemoci sladkovodních a akvarijních ryb. *Informatorium*, Praha, 264 s.
- Thrall, M.A., 2004. *Veterinary haematology and clinical chemistry*. Williams and Wilkins cap., Philadelphia, pp. 277–289.
- Topic Popovic, N., Hacmanjek, M., Teskeredzic, E., 2001. Health status of rudd (*Scardinius erythrophthalmus hesperidicus* H.) in Lake Vrana on the Island of Cres, Croatia. *Journal of Applied Ichthyology* 17: 43–45.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., 2004a. Anaesthesia of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with 2-phenoxyethanol: Acute toxicity and effects on biochemical blood plasma. *Acta Veterinaria Brno* 74: 247–252.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., 2004b. Anaesthesia of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with 2-phenoxyethanol: Acute toxicity and biochemical blood profile. *Acta Veterinaria Brno* 74: 379–384.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Piačková, V., 2005a. Effects of clove oil anaesthesia on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Veterinaria Brno* 74: 139–146.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Piačková, V., Groch, L., Nepejchalová, L., 2005b. Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Veterinární Medicína* 50: 269–275.
- Velíšek, J., Dobšíková, R., Svobodová, Z., Modrá, H., Lusková, V., 2006a. Effect of deltamethrin on the biochemical profile of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 76: 992–998.
- Velíšek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodová, Z., Dobšíková, R., Novotný, L., Dudzik, M., 2006b. Effects of cypermethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinární Medicína* 51: 469–476.

- Velíšek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodová, Z., Novotný, L., Ziomek, E., 2006c. Effects of clove oil anaesthesia on european catfish (*Silurus glanis* L.). *Acta Veterinaria Brno* 75: 99–106.
- Velíšek, J., Jurčíková, J., Dobšíková, R., Svobodová, Z., Piačková, V., Máchová, J., Novotný, L., 2007a. Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Pharmacology* 23: 297–301.
- Velíšek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodová, Z., Novotný, L., 2007b. Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on sheatfish (*Silurus glanis* L.). *Veterinární Medicína* 52: 103–110.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Piačková, V., Novotný, L., Blahová, J., Sudová, E., Malý, V., 2008. Effects of metribuzin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinární Medicína* 53: 324–332.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Piačková, V., Sudova, E., 2009a. Effects of acute exposure of metribuzin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 82: 492–495.
- Velíšek, J., Stejskal, V., Kouřil, J., Svobodová, Z., 2009b. Comparison of the effects of four anaesthetics on biochemical blood profiles of perch. *Aquaculture Research* 40: 354–361.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Máchová, J., 2009c. Effects of bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 35: 583–590.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Piačková, V., 2009d. Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinární Medicína* 54: 131–137.
- Velíšek, J., Štastná, K., Sudová, E., Turek, J., Svobodová, Z., 2009e. Effects of subchronic simazine exposure on some biometric, biochemical, hematological and histopatological parameters of the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Neuroendocrinology Letters* 30 (suppl. 1): 236–241.
- Velíšek, J., Sudová, E., Máchová, J., Svobodová, Z., 2010. Effects of sub-chronic exposure to terbutryn in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 384–390.
- Velíšek, J., Stará, A., Li, Z.H., Silovská, S., Turek, J., 2011a. Comparison of the effects of four anaesthetics on biochemical blood profile and oxidative stress biomarkers of rainbow trout. *Aquaculture* 310: 369–375.
- Velíšek, J., Stará, A., Kolářová, J., Svobodová, Z., 2011b. Biochemical, physiological and morphological responses in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after long-term exposure to terbutryne in real environmental concentration. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 100: 305–313.

- Velíšek, J., Stará, A., Máchová, J., Svobodová, Z., 2012. Effects of long-term exposure to simazine in real concentration on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 76: 79–86.
- Wagner, T., Congleton, J.L., 2004. Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 1066–107.
- Walmsley, R.N., Watkinson, L.R., Koay, E.S.C., 1992. Cases in chemical pathology – a diagnostic approach. World Scientific, pp. 125–136.

## 8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Kolářová, J., Svobodová, Z., 2004. Interní SOP (standardní operační postup) VÚRH JU Vodňany: SOP pro stanovení biochemických parametrů v krvi ryb – součást. Směrnice hodnocení léčiv určených pro ryby. 8 s. (bez dedikace)
- Svobodová, Z., Pravda, D., Paláčková, J., 1991. Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb. Edice Metodik, VÚRH, Vodňany, č. 20, 31 s. (bez dedikace)
- Velíšek, J., 2010. Zastosowanie wskaźników biochemicznych w ocenie wpływu ksenobiotyków na organizm ryb. Habilitační práce, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 89 pp. (bez dedikace)



**EXTERNÍ ODBORNÝ OPONENT****Doc. MVDr. Stanislav Navrátil, CSc.***Veterinární a farmaceutická univerzita Brno**Fakulta veterinární hygieny a ekologie**Ústav veterinární ekologie a ochrany životního prostředí**Palackého 1/3, 612 42 Brno***INTERNÍ ODBORNÝ OPONENT****MVDr. Eliška Zusková, Ph.D.***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany***OPONENT ZA STÁTNÍ SPRÁVU****Ing. Vladimír Gall***MZe Praha**Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství (16230)**Těšnov 17, 117 05 Praha 1***OSVĚDČENÍ O UPLATNĚNĚ CERTIFIKOVANÉ METODICE Č. 135/2012 –  
16230/N<sub>met</sub> – CERTIFIKOVANÁ METODIKA ZE DNE 21. 12. 2012***Vydalo: Ministerstvo zemědělství, úsek lesního hospodářství, Sekce lesního hospodářství,**Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1.***ADRESA AUTORSKÉHO KOLEKTIVU****MVDr. Jitka Kolářová (50%)****dr hab. Ing. Josef Velišek, Ph.D. (50%)***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)**Vedici Metodik (Technologická řada)**vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,**Redakce: Ing. Blanka Vykusová, CSc., Zuzana Dvořáková**Jazyková korektura: Mgr. Jana Drengubáková**Náklad: 200 ks, vydáno v roce 2012, 1. vydání**Grafický design a technická realizace: iDigitisk s. r. o.*





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO  
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:  
INOVACE PREZENČNÍHO STUDIA BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO OBORU RYBÁŘSTVÍ  
(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)

